

13.06.03

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

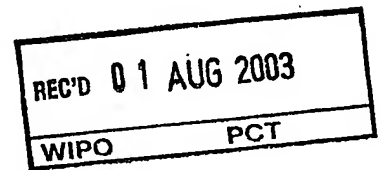
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年   6 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 1 7 7 6 8 1  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 2 - 1 7 7 6 8 1 ]

出 願 人      旭化成株式会社  
Applicant(s):

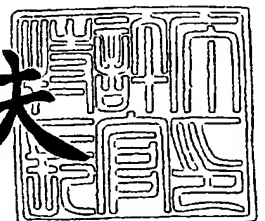


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年   7 月 1 1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



Best Available Copy

出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 6 7 3 :

【書類名】 特許願

【整理番号】 B02041

【提出日】 平成14年 6月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01R 15/20

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県富士市鮫島2番地の1 旭化成株式会社内

【氏名】 長野 修一

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県富士市鮫島2番地の1 旭化成株式会社内

【氏名】 芝原 浩二

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県富士市鮫島2番地の1 旭化成株式会社内

【氏名】 石橋 和敏

【特許出願人】

【識別番号】 000000033

【氏名又は名称】 旭化成株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066980

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100075579

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 嘉昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100103850

【弁理士】

【氏名又は名称】 崔 秀▲てつ▼

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001638

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902179

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電流測定方法及び電流測定装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被測定導体を有する基板に非接触型の電流センサを実装し、前記電流センサにより前記被測定導体を流れる電流を測定する方法であって、

前記電流センサを、前記基板面のうち前記被測定導体が設けられている面とは反対側の面に実装することを特徴とする電流測定方法。

【請求項2】 請求項1において、

前記電流センサを、前記反対側の面で且つ前記基板を挟んで前記被測定導体と対称となる位置に実装することを特徴とする電流測定方法。

【請求項3】 請求項1及び2のいずれかにおいて、

前記電流センサは、前記被測定導体を流れる電流により発生した磁気を検出し、その検出結果に基づいて前記被測定導体を流れる電流を測定するセンサであることを特徴とする電流測定方法。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれかにおいて、

前記被測定導体の外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けることを特徴とする電流測定方法。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかにおいて、

前記電流センサの外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けることを特徴とする電流測定方法。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかにおいて、

前記電流センサと前記基板との間に、前記被測定導体を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性体を設けることを特徴とする電流測定方法。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかにおいて、

前記電流センサは、磁気を検出する磁気検出素子と、磁束を所定方向に収束させる磁気収束手段とを備え、

前記電流センサの外装面のうち実装時に前記基板面と対向することとなる面側に前記磁気検出素子を設け、

前記被測定導体を流れる電流により発生し前記対向面を通過する磁束が前記磁気検出素子の感磁面に収束するように前記磁気収束手段を設けたことを特徴とする電流測定方法。

【請求項 8】 請求項 7 において、

前記電流センサは、

前記磁気検出素子及び前記磁気収束手段を一体に内蔵し、

前記磁気検出素子と前記対向面との間に前記磁気収束手段を設けたことを特徴とする電流測定方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記磁気収束手段は、複数の磁気収束板からなり、

前記電流センサの実装時に前記磁気収束板の面が前記基板面と対向するように且つ前記基板の面方向からみて前記磁気収束板が前記被測定導体の両側に位置するように、前記複数の磁気収束板を、間隔をあけて設けたことを特徴とする電流測定方法。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 のいずれかにおいて、

前記被測定導体を流れる電流の最大値を  $I_{\max}$  としたときに、前記被測定導体の幅を  $I_{\max} / 15$  [mm] 以下としたことを特徴とする電流測定方法。

【請求項 11】 被測定導体を有する基板と、前記基板面上に実装する非接触型の電流センサとを備え、前記被測定導体を流れる電流を測定する装置であって、

前記電流センサを、前記基板面のうち前記被測定導体が設けられている面とは反対側の面に実装したことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 12】 請求項 11 において、

前記電流センサを、前記反対側の面で且つ前記基板を挟んで前記被測定導体と対称となる位置に実装したことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 13】 請求項 11 及び 12 のいずれかにおいて、

前記電流センサは、前記被測定導体を流れる電流により発生した磁気を検出し、その検出結果に基づいて前記被測定導体を流れる電流を測定するセンサであることを特徴とする電流測定装置。

【請求項 14】 請求項 11 乃至 13 のいずれかにおいて、  
前記被測定導体の外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 15】 請求項 11 乃至 14 のいずれかにおいて、  
前記電流センサの外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 16】 請求項 11 乃至 15 のいずれかにおいて、  
前記電流センサと前記基板との間に、前記被測定導体を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性体を設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 17】 請求項 11 乃至 16 のいずれかにおいて、  
前記電流センサは、  
磁気を検出する磁気検出素子と、磁束を所定方向に収束させる磁気収束手段とを備え、

前記電流センサの外装面のうち実装時に前記基板面と対向することとなる面側に前記磁気検出素子を設け、

前記被測定導体を流れる電流により発生し前記対向面を通過する磁束が前記磁気検出素子の感磁面に収束するように前記磁気収束手段を設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 18】 請求項 17 において、  
前記電流センサは、  
前記磁気検出素子及び前記磁気収束手段を一体に内蔵し、  
前記磁気検出素子と前記対向面との間に前記磁気収束手段を設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 19】 請求項 18 において、  
前記磁気収束手段は、複数の磁気収束板からなり、  
前記電流センサの実装時に前記磁気収束板の面が前記基板面と対向するように且つ前記基板の面方向からみて前記磁気収束板が前記被測定導体の中心線の両側に位置するように、前記複数の磁気収束板を、間隔をあけて設けたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 2 0】 請求項 1 1 乃至 1 9 のいずれかにおいて、  
前記被測定導体を流れる電流の最大値を  $I_{\max}$  としたときに、前記被測定導体の幅を  $I_{\max}/1.5$  [mm] 以下としたことを特徴とする電流測定装置。

【請求項 2 1】 請求項 1 1 乃至 2 0 のいずれかにおいて、  
前記基板は、複数の前記被測定導体を有し、  
前記各被測定導体との距離が所定関係となる位置に前記電流センサを実装したことを特徴とする電流測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非接触型の電流センサを基板に実装し、基板上の被測定導体を流れる電流を測定する方法および装置に係り、特に、電氣的絶縁の確保が容易であるとともに、電流センサの小型化を図ることができ、しかも発熱を防止して信頼性を向上するのに好適な電流測定方法および電流測定装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、プリント基板上の電流を測定する技術としては、シャント抵抗、磁気抵抗素子またはホール素子を用いたものが広く知られている。

ホール素子を用いて電流を測定する技術としては、例えば、特開平8-233865号公報に開示されている電流検知ユニット（以下、第1の従来例という。）、特開平10-267965号公報に開示されている電流センサを用いた電流測定方法（以下、第2の従来例という。）、およびUS特許5942895号公報に開示されている電流センサを用いた電流測定方法（以下、第3の従来例という。）が知られている。

【0 0 0 3】

第1の従来例は、プリント基板と、プリント基板の一面側に凹部を形成し、他の一面側からはこの凹部に連通する孔を設け、一面側の孔上またはその孔中に配置した磁気センサと、プリント基板の上部に設けられるコイル部と、コイル部の上部に設けられ、磁気センサと対向する側に突起部を設けた第1の磁性体コアと、磁気センサと対向するよう凹部内に設けた第2の磁性体コアとで構成されてい

る。電流検知ユニットのコイル部をプリント基板上の電流導体と直接接続することにより、電流検知効率が高く、表面実装可能な構造となっている。

#### 【0004】

第2の従来例は、被測定電流を流す導体、磁性体の薄片および磁電変換素子からなり、導体の中間部に扁平な凸部を設けその下部内側に被測定電流に対し垂直となるように磁電変換素子を固定し、かつ電流によって発生する磁界を磁電変換素子に収束させるための磁性体の薄片から構成されている。電流センサの被測定導体とプリント基板上の電流導体を直列に接続して基板実装することによって外来ノイズを遮断し得る高効率の電流センサを実現できる。

#### 【0005】

これら従来例にも見るように、電流センサ内に設けられている電流導体（以下、一次側電流導体という。）と、プリント基板上に設けられかつ測定対象となる電流導体（以下、被測定導体という。）とを直列に直接接続し、被測定導体を流れる電流を一次側電流導体に流すことにより、被測定導体を流れる電流を高精度に測定する方法が広く行われてきた。

#### 【0006】

また、シャント抵抗を用いた電流測定方法にあっても、シャント抵抗と被測定導体とを直列に直接接続し、被測定導体を流れる電流をシャント抵抗に流して電圧降下を生じさせ、その電位差を測定することにより、被測定導体を流れる電流を高精度に測定している。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、第1ないし第3の従来例にあつては、一次側電流導体と被測定導体とを直接接続する構成であるため、電流センサ内に設けられかつセンサ信号を出力するための信号線（以下、二次側電流導体という。）と被測定導体との間に電氣的絶縁を十分に確保しなければならず、電流センサの実装に一定の制約があるという問題があった。電氣的絶縁が十分でない場合は、例えば、電流センサからのセンサ信号を利用する回路側にノイズや過大な入力伝わる可能性がある。また、被測定導体を流れる電流が大きい場合は、それに合わせて一次側電流導

体のサイズも大きくする必要があり、電流センサが大型になるという問題もあった。さらに、一次側電流導体と被測定導体とを直接接続すると、接続部分の接触抵抗に電流が流れることにより発熱し、その発熱量が大きければ、電流センサの信頼性を損なう可能性があるという問題もあった。

#### 【0008】

また、シャント抵抗を用いた電流測定方法にあっても同様に、センサ信号を出力するための信号線と被測定導体との間に電氣的絶縁を十分に確保しなければならず、電流センサの実装に一定の制約があるという問題があった。また、被測定導体を流れる電流が大きい場合は、それに合わせてシャント抵抗のヒートシンクのサイズも大きくする必要があり、電流センサが大型になるという問題もあった。さらに、シャント抵抗と被測定導体とを直接接続すると、接続部分の接触抵抗に電流が流れることにより発熱し、その発熱量が大きければ、電流センサの信頼性を損なう可能性があるという問題もあった。さらに、シャント抵抗の場合、精密な抵抗値をもつことが必要であるため、どうしてもコスト高になってしまうという問題もあった。

#### 【0009】

そこで、本発明は、このような従来の技術の有する未解決の課題に着目してなされたものであって、電氣的絶縁の確保が容易であるとともに、電流センサの小型化を図ることができ、しかも発熱を防止して信頼性を向上するのに好適な電流測定方法および電流測定装置を提供することを目的としている。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係る請求項1記載の電流測定方法は、被測定導体を有する基板に非接触型の電流センサを実装し、前記電流センサにより前記被測定導体を流れる電流を測定する方法であって、前記電流センサを、前記基板面のうち前記被測定導体が設けられている面とは反対側の面に実装する。

#### 【0011】

ここで、電流を測定することには、被測定導体を流れる電流の大きさを得ること、電流の有無を検出すること、電流値が所定値を超えたかを検出することが含

まれる。以下、請求項 1 1 記載の電流測定装置において同じである。

さらに、本発明に係る請求項 2 記載の電流測定方法は、請求項 1 記載の電流測定方法において、前記電流センサを、前記反対側の面であつ前記基板を挟んで前記被測定導体と対称となる位置に実装する。

#### 【0 0 1 2】

さらに、本発明に係る請求項 3 記載の電流測定方法は、請求項 1 および 2 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記電流センサは、前記被測定導体を流れる電流により発生した磁気を検出し、その検出結果に基づいて前記被測定導体を流れる電流を測定するセンサである。

さらに、本発明に係る請求項 4 記載の電流測定方法は、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記被測定導体の外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設ける。

#### 【0 0 1 3】

さらに、本発明に係る請求項 5 記載の電流測定方法は、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記電流センサの外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設ける。

さらに、本発明に係る請求項 6 記載の電流測定方法は、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記電流センサと前記基板との間に、前記被測定導体を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性体を設ける。

#### 【0 0 1 4】

さらに、本発明に係る請求項 7 記載の電流測定方法は、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記電流センサは、磁気を検出する磁気検出素子と、磁束を所定方向に収束させる磁気収束手段とを備え、前記電流センサの外装面のうち実装時に前記基板面と対向することとなる面側に前記磁気検出素子を設け、前記被測定導体を流れる電流により発生し前記対向面を通過する磁束が前記磁気検出素子の感磁面に収束するように前記磁気収束手段を設けた。

#### 【0 0 1 5】

さらに、本発明に係る請求項 8 記載の電流測定方法は、請求項 7 記載の電流測定方法において、前記電流センサは、前記磁気検出素子および前記磁気収束手段

を一体に内蔵し、前記磁気検出素子と前記対向面との間に前記磁気収束手段を設けた。

さらに、本発明に係る請求項 9 記載の電流測定方法は、請求項 8 記載の電流測定方法において、前記磁気収束手段は、複数の磁気収束板からなり、前記電流センサの実装時に前記磁気収束板の面が前記基板面と対向するようにかつ前記基板の面方向からみて前記磁気収束板が前記被測定導体の両側に位置するように、前記複数の磁気収束板を、間隔をあけて設けた。

#### 【0016】

さらに、本発明に係る請求項 10 記載の電流測定方法は、請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の電流測定方法において、前記被測定導体を流れる電流の最大値を  $I_{\max}$  としたときに、前記被測定導体の幅を  $I_{\max} / 15$  [mm] 以下とした。

一方、上記目的を達成するために、本発明に係る請求項 11 記載の電流測定装置は、被測定導体を有する基板と、前記基板面上に実装する非接触型の電流センサとを備え、前記被測定導体を流れる電流を測定する装置であって、前記電流センサを、前記基板面のうち前記被測定導体が設けられている面とは反対側の面に実装した。

#### 【0017】

このような構成であれば、被測定導体に電流が流れると、被測定導体を流れる電流により磁気が発生し、発生した磁気が被測定導体に対して基板の反対面に到達し、電流センサにより、到達した磁気を受けて被測定導体を流れる電流が非接触で測定される。したがって、被測定導体に対して基板の反対面に電流センサを実装し、反対面から電流を測定することができる。

#### 【0018】

さらに、本発明に係る請求項 12 記載の電流測定装置は、請求項 11 記載の電流測定装置において、前記電流センサを、前記反対側の面でかつ前記基板を挟んで前記被測定導体と対称となる位置に実装した。

このような構成であれば、被測定導体を流れる電流により発生した磁気は、被測定導体に対して基板の反対面のうち、基板を挟んで前記被測定導体と対称となる位置に到達しやすいので、その位置に電流センサを設けることにより、被測定

導体を流れる電流により発生した磁気を電流センサで検出しやすくなる。

#### 【0019】

さらに、本発明に係る請求項13記載の電流測定装置は、請求項11および12のいずれかに記載の電流測定装置において、前記電流センサは、前記被測定導体を流れる電流により発生した磁気を検出し、その検出結果に基づいて前記被測定導体を流れる電流を測定するセンサである。

このような構成であれば、電流センサに磁気が到達すると、到達した磁気が検出され、その検出結果に基づいて、被測定導体を流れる電流が測定される。

#### 【0020】

さらに、本発明に係る請求項14記載の電流測定装置は、請求項11ないし13のいずれかに記載の電流測定装置において、前記被測定導体の外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けた。

このような構成であれば、被測定導体の外装面のうち基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体が設けられているので、軟磁性体により、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を電流センサの側に収束しやすくなる。

#### 【0021】

さらに、本発明に係る請求項15記載の電流測定装置は、請求項11ないし14のいずれかに記載の電流測定装置において、前記電流センサの外装面のうち前記基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体を設けた。

このような構成であれば、電流センサの外装面のうち基板面と対向する面とは反対側の面に軟磁性体が設けられているので、軟磁性体により、電流センサのその反対側の面に向かって到来する外部磁気が少なくとも遮蔽される。

#### 【0022】

さらに、本発明に係る請求項16記載の電流測定装置は、請求項11ないし15のいずれかに記載の電流測定装置において、前記電流センサと前記基板との間に、前記被測定導体を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性体を設けた。

このような構成であれば、電流センサと基板との間に複数の軟磁性体が設けられているので、複数の軟磁性体により、被測定導体を流れる電流により発生した

磁束を電流センサの側に収束しやすくなる。

#### 【0023】

さらに、本発明に係る請求項17記載の電流測定装置は、請求項11ないし16のいずれかに記載の電流測定装置において、前記電流センサは、磁気を検出する磁気検出素子と、磁束を所定方向に収束させる磁気収束手段とを備え、前記電流センサの外装面のうち実装時に前記基板面と対向することとなる面側に前記磁気検出素子を設け、前記被測定導体を流れる電流により発生し前記対向面を通過する磁束が前記磁気検出素子の感磁面に収束するように前記磁気収束手段を設けた。

#### 【0024】

このような構成であれば、磁気収束手段により、被測定導体を流れる電流により発生し対向面を通過する磁束が磁気検出素子の感磁面に収束し、磁気検出素子により、収束した磁束が電圧に変換される。したがって、磁気検出素子からの出力電圧により、被測定導体を流れる電流を非接触で測定することができる。

さらに、本発明に係る請求項18記載の電流測定装置は、請求項17記載の電流測定装置において、前記電流センサは、前記磁気検出素子および前記磁気収束手段を一体に内蔵し、前記磁気検出素子と前記対向面との間に前記磁気収束手段を設けた。

#### 【0025】

このような構成であれば、磁気検出素子と対向面との間に磁気収束手段が設けられているので、被測定導体を流れる電流により発生し対向面を通過する磁束を磁気収束手段で受けやすくなる。そのため、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を効果的に磁気検出素子の感磁面に収束させることができる。

さらに、本発明に係る請求項19記載の電流測定装置は、請求項18記載の電流測定装置において、前記磁気収束手段は、複数の磁気収束板からなり、前記電流センサの実装時に前記磁気収束板の面が前記基板面と対向するようにかつ前記基板の面方向からみて前記磁気収束板が前記被測定導体の中心線の両側に位置するように、前記複数の磁気収束板を、間隔をあけて設けた。

#### 【0026】

このような構成であれば、磁気収束板の面が基板面と対向するように磁気収束板が設けられているので、被測定導体を流れる電流により発生し対向面を通過する磁束を磁気収束板で受けやすくなる。そのため、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を効果的に磁気検出素子の感磁面に収束させることができる。

また、基板の面方向からみて磁気収束板が被測定導体の中心線の両側に位置するように磁気収束板が間隔をあけて設けられているので、磁気収束板で受けた磁束を効果的に磁気検出素子の感磁面に収束させることができる。

#### 【0027】

さらに、本発明に係る請求項20記載の電流測定装置は、請求項11ないし19のいずれかに記載の電流測定装置において、前記被測定導体を流れる電流の最大値を  $I_{\max}$  としたときに、前記被測定導体の幅を  $I_{\max}/15$  [mm] 以下とした。

このような構成であれば、被測定導体の発熱を抑制しかつ電流センサの近傍の磁気を強めることができる。

#### 【0028】

さらに、本発明に係る請求項21記載の電流測定装置は、請求項11ないし20のいずれかに記載の電流測定装置において、前記基板は、複数の前記被測定導体を有し、前記各被測定導体との距離が所定関係となる位置に前記電流センサを実装した。

このような構成であれば、各被測定導体との距離が所定関係となる位置に電流センサが実装されているので、各被測定導体を流れる電流により発生した磁気を電流センサで受けた場合、電流センサの出力値および所定関係に基づいて各被測定導体を流れる電流を測定することができる。各電流の測定は、例えば、演算等により行うことができる。

#### 【0029】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の第1の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図1ないし図10は、本発明に係る電流測定方法および電流測定装置の第1の実施の形態を示す図である。

まず、本発明に係る電流測定装置の構造を図1ないし図3を参照しながら説明

する。図1および図2は、電流センサ100の厚さ方向の断面図である。図3は、図2中のA-A'線に沿った断面図である。

#### 【0030】

本発明に係る電流測定装置は、図1および図2に示すように、被測定導体4を有するプリント基板3と、プリント基板3の面上に実装する接触型の電流センサ100とを備え、電流センサ100を、プリント基板3の表面のうち被測定導体4が設けられている面とは反対側の面92（以下、単に裏面という。）に実装している。

#### 【0031】

電流センサ100は、図1に示すように、磁気収束板付きホールASIC2をモールドパッケージ1に内蔵して構成されている。モールドパッケージ1の内部には、モールドパッケージ1の外装面のうち実装時にプリント基板3と対向することとなる面90（以下、単に対向面という。）側に磁気収束板付きホールASIC2が設けられている。

#### 【0032】

また、モールドパッケージ1には、磁気収束板付きホールASIC2をダイボンディングするためのリードフレーム6が設けられている。リードフレーム6の端部は、プリント基板3に実装できるように曲げてある。また、モールドパッケージ1内に設けられたリードフレーム6には、磁気収束板付きホールASIC2が接着用ペースト5により接着されている。

#### 【0033】

磁気収束板付きホールASIC2は、図2および図3に示すように、信号処理回路10の外装面のうち実装時にプリント基板3と対向することとなる面に2つのホール素子9を設けるとともに、信号処理回路10と対向面90との間に2つの磁気収束板11を設けてなる。ここで、ホール素子9は、2つ1組のペアであれば、2組以上設けても構わない。磁気収束板11は、実装時に磁気収束板11の面がプリント基板3の面と対向するようにかつプリント基板3の面方向からみて磁気収束板11が被測定導体4の両側に位置するように所定の間隔をあけて設ける。磁気収束板11の間隔をあけることにより、被測定導体4を流れる電流に

より発生し対向面を通過する磁束は、両側の磁気収束板 1 1 により、ホール素子 9 の感磁面に向けて収束される。なお、磁気収束板付きホール A S I C 2 の構造については、第 3 の従来例に詳しい。

#### 【 0 0 3 4 】

プリント基板 3 は、紙フェノール、紙エポキシまたはガラスエポキシ等の材質で構成されている。もちろん、これらに限定されるものではないが、ポリイミド系材料であれば、プリント基板 3 の厚さを小さくできてよい。なお、プリント基板 3 の厚さは、いかなる大きさであつてもよいが、厚さが小さければ小さいほどセンサ感度を上げることができるので、極力小さい方が好ましい。

#### 【 0 0 3 5 】

被測定導体 4 は、例えば、C u 等の金属箔からなる電流導線であり、被測定導体 4 を流れる電流値、要求される電流感度に応じて最適な形状とすることができる。電流値が大きければ、被測定導体 4 の厚みを増し、電流感度を向上する場合は、被測定導体 4 の幅を小さくする。被測定導体 4 の長さは、電流センサ 1 0 0 とのギャップに応じて決まる所定の長さ以上あればよい。なお、被測定導体 4 の幅とは、プリント基板 3 の面方向に沿った長さであつて被測定導体 4 を流れる電流の向きと直交する長さをいい、被測定導体 4 の長さとは、プリント基板 3 の面方向に沿った長さであつて被測定導体 4 を流れる電流の向きの長さをいい、被測定導体 4 の厚さとは、プリント基板 3 の面方向と直交する方向に沿った長さをいう。以下、同じである。

#### 【 0 0 3 6 】

図 4 は、電流センサ 1 0 0 をプリント基板 3 上に実装した場合を示す斜視図である。

電流センサ 1 0 0 は、図 4 に示すように、裏面 9 2 でかつプリント基板 3 を挟んで被測定導体 4 と対称となる位置に実装する。この場合、被測定導体 4 を流れる電流が作る磁場の様子は、図 2 における符号 1 2, 1 3 および図 4 における符号 1 3 に示すようになる。ホール素子 9 の下方には、磁気収束板 1 1 が所定の間隔をもって、ホール素子 9 に平行になるように配置されているので、被測定導体 4 を図面裏側から図面表側に向けて電流が流れているとき、電流により発生する

磁界は、図2および図4における符号13に示すようになり、特に、ホール素子9近傍の磁界は、磁気収束板11により符号12に示すように収束される。これにより、ホール素子9の感磁面の磁束密度を大きくすることができる。

#### 【0037】

信号処理回路10は、ホール素子9により磁電変換して得られるホール起電力を加算増幅する。なお、ホール素子9と信号処理回路10とは、必ずしも、磁気収束板付きホールASIC2としてモノリシックに構成されている必要はなく、ハイブリッドに構成されていても構わない。

このように、電流センサ100は、磁気収束板付きホールASIC2およびリードフレーム6をモールド樹脂で一体加工したものであり、コストのかからない汎用的なプロセスで大量生産に適した構造になっている。

#### 【0038】

なお、本実施の形態では、リードフレーム6を用いているが、リードフレーム6を使用しなくとも、ホール素子9の感磁面が絶縁層を介して被測定導体4に近接または接触できれば、フリップチップとし、フリップチップボンディングタイプのものとして構成しても構わない。この場合、モールド樹脂で一体加工する必要はない。さらに、電流センサ100は上記形態以外にも基板面に平行な磁界を検出できるものであれば使用できる。

#### 【0039】

##### 【実施例】

次に、本発明に係る実施例を図5ないし図10を参照しながら説明する。

プリント基板3の厚さを1.6[mm]とし、厚さ35[μm]および幅15[mm]の銅箔からなる被測定導体4をプリント基板3上に形成し、電流センサ100を、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した。この実装により、電流センサ100と被測定導体4との間に電氣的絶縁を十分に確保することができる。

#### 【0040】

電流センサ100には、一般に広く利用されているTSSOP-16パッケージをモールドパッケージ1として使用した。モールドパッケージ1の厚さは、およそ1[m

m]で、底面からおよそ300[μm]の位置にホール素子9を配置する構造とし、被測定導体4に極力近接するように配置した。ホール素子9の表面には、軟磁性材料からなる複数の磁気収束板11を配置し、対向面90に平行な磁気をホール素子9に収束させる機能を持たせている。ホール素子9より得られたセンサ信号をモールドパッケージ1内に内蔵した信号処理回路10で演算増幅することによって、最終的な電流センサ100単体での磁気感度を1.6[mV/mT]にできる電流センサ100を利用した。信号処理回路10の増幅率または電流センサ100内部の磁気回路の変更によっては、16[mV/mT]までの磁気感度を実現できたが、本発明ではすべて、標準の電流センサ100として1.6[mV/mT]の磁気感度を持つものを使用した。

#### 【0041】

図5は、電流センサ100と被測定導体4との距離を変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。図5は、被測定導体4の幅Wを、2[mm]、4[mm]、6[mm]、10[mm]、15[mm]、20[mm]、25[mm]、40[mm]、50[mm]および60[mm]とした場合についてセンサ感度の変化を調べたものである。図5のグラフによれば、電流センサ100と被測定導体4との距離が小さくなるほど、および被測定導体4の幅Wが小さくなるほど、センサ感度が向上していることが分かる。したがって、センサ感度を向上する観点からは、電流センサ100と被測定導体4との距離を小さくし、被測定導体4の幅Wを小さくすることが好ましい。

#### 【0042】

図6は、被測定導体4の長さを変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。図6は、被測定導体4の幅Wを、2[mm]、4[mm]、6[mm]、10[mm]、15[mm]、20[mm]、25[mm]、40[mm]、50[mm]および60[mm]とした場合についてセンサ感度の変化を調べたものである。図6のグラフによれば、被測定導体4の長さが大きくなるほど、および被測定導体4の幅Wが小さくなるほど、センサ感度が向上していることが分かる。ただし、被測定導体4の長さについては、いずれの幅Wにおいても被測定導体4の長さが10[mm]より大きくなるとセンサ感度の変化はほぼない。したがって、セン

サ感度を向上する観点からは、被測定導体4の長さを10[mm]より大きくし、被測定導体4の幅Wを小さくすることが好ましい。

#### 【0043】

図7は、被測定導体4の幅方向の中心位置を基準として電流センサ100の実装位置を被測定導体4の幅方向に変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。図7は、被測定導体4の幅Wを、2[mm]、4[mm]、6[mm]、10[mm]、15[mm]、20[mm]、25[mm]、40[mm]、50[mm]および60[mm]とした場合についてセンサ感度の変化を調べたものである。図7のグラフによれば、電流センサ100の実装位置が被測定導体4の幅方向の中心位置に近づくほど、および被測定導体4の幅Wが小さくなるほど、センサ感度が向上していることが分かる。ただし、電流センサ100の実装位置については、被測定導体4の幅Wの1/2、すなわち、被測定導体4を幅方向に見てその両端付近までのずれであれば、要求される測定精度によってはセンサ感度の低下を許容することができる。これは、電流センサ100を必ずしも被測定導体4の真下に配置することではなく、被測定導体4を幅方向に見てその両端付近までは自由に実装位置を決められることを意味し、実装の自由度が向上することがわかる。したがって、センサ感度を向上する観点からは、電流センサ100の実装位置を被測定導体4の幅方向の中心位置に近づけ、被測定導体4の幅Wを小さくすることが好ましい。

#### 【0044】

図8は、被測定導体4の長さ方向の中心位置を基準として電流センサ100の実装位置を被測定導体4の長さ方向に変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。ただし、被測定導体4の長さを20[mm]とした。図8は、被測定導体4の幅Wを、2[mm]、4[mm]、6[mm]、10[mm]、15[mm]、20[mm]、25[mm]、40[mm]、50[mm]および60[mm]とした場合についてセンサ感度の変化を調べたものである。図8のグラフによれば、電流センサ100の実装位置が被測定導体4の長さ方向の中心位置に近づくほど、および被測定導体4の幅Wが小さくなるほど、センサ感度が向上していることが分かる。したがって、センサ感度を向上する観点からは、電流センサ100の

実装位置を被測定導体4の長さ方向の中心位置に近づけ、被測定導体4の幅Wを小さくすることが好ましい。

#### 【0045】

図9は、電流センサ100の実装位置を被測定導体4の幅方向および厚さ方向に変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。ただし、図9の結果は、被測定導体4の幅を15[mm]とし、被測定導体4に15[A]の電流を流した場合である。図9のグラフによれば、図5および図7と同様の結果を得ることができた。

#### 【0046】

また、図5のグラフを参照すると、被測定導体4がプリント基板3の厚さに対して十分広い場合、電流センサ100とプリント基板3の距離が多少ずれてもセンサ感度の変化率は少なく、 $0.6[\%]/0.1[\text{mm}]$ であった。また、図7のグラフを参照すると、被測定導体4の電流の流れに対して $90^\circ$ になる横方向に電流センサ100が位置ずれした場合もセンサ感度の変化は、 $0.5[\%]/[\text{mm}]$ であった。電流の量を測定するのに必要な被測定導体4の長さは20[mm]以上であっても、それ以上の長さについてはセンサ感度への影響はほとんどない。そのため、被測定導体4の長さとしては、図6のグラフを参照すると、20[mm]程度確保できれば十分である。

#### 【0047】

本実施例による電流測定方法では、被測定導体4の形状と相対位置により、センサ感度が決まるが、15[mm]幅の被測定導体4を電流センサ100で測定したときのセンサ感度は、 $5.6[\text{mV/A}]$ であった。一般の電流スイッチとしては、十分に機能できるほか、高感度の電流センサ100を使用すればセンサ感度をおよそ10倍にも向上させることができ、制御用にも十分使用できる。

#### 【0048】

図10は、被測定導体4の電流密度を変化させたときに電流センサ100のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。ただし、図10の結果は、プリント基板3の厚さを1.6[mm]とし、被測定導体4に流す電流値を一定(60[A])にした場合である。

センサ感度を向上させるためには、図5ないし図8の結果が示す通り、被測定導体4の幅 $W$ をできるだけ小さくしたいが、一般的に $35[\mu\text{m}]$ 厚の銅箔板からなる被測定導体4は、幅 $1[\text{mm}]$ あたりに流せる電流値として最大 $1[\text{A}]$ を基準に設計されている。これは、発熱による問題を考慮したためである。すなわち、電流量によっては、むやみに被測定導体4の幅を小さくすることができない。被測定導体4の幅 $W$ を小さくする場合は、発熱の問題を回避するために被測定導体4の厚さを大きくする必要がある。図10の結果が示すように、電流密度を $15[\text{A}/\text{mm}]$ より大きくしてもセンサ感度はさほど大きくならない。最大 $I_{\text{max}}[\text{A}]$ の電流を流すようにしたとき、 $15[\text{A}/\text{mm}]$ の電流密度になるようにするには、被測定導体4の幅を $I_{\text{max}}/15[\text{mm}]$ とする必要がある。

#### 【0049】

したがって、センサ感度の初期値を $8[\text{mV}/\text{A}] \sim 15[\text{mV}/\text{A}]$ の範囲にしようとするれば、電流密度は $3 \sim 15[\text{A}/\text{mm}]$ 程度必要である。最大電流値を $60[\text{A}]$ とすると、被測定導体4の幅 $W$ は、およそ $4[\text{mm}] \sim 20[\text{mm}]$ にすればよいが、被測定導体4の厚さを $35[\mu\text{m}]$ から $3 \sim 15$ 倍以上にする必要がある。被測定導体4の厚さを被測定導体4の幅ごとに計算するのは複雑になるだけなので、被測定導体4の厚さをおよそ $500[\mu\text{m}] \sim 1[\text{mm}]$ とすれば、 $60[\text{A}]$ 程度の電流を良好なセンサ感度で測定するためには、被測定導体4の幅 $W$ を $4 \sim 5[\text{mm}]$ とすればよい。被測定導体4の幅 $W$ がこのような範囲にあれば、センサ感度が向上するため、被測定導体4を流れる電流をより高精度に測定することができる。

#### 【0050】

また、電流センサ100を使用した場合、 $15[\text{mV}/\text{A}]$ のセンサ感度を得るためには、被測定導体4を流れる電流として $15[\text{A}/\text{mm}]$ の電流密度が必要である。最大 $I_{\text{max}}[\text{A}]$ の電流を流すようにしたとき、 $15[\text{A}/\text{mm}]$ の電流密度になるようにするには、被測定導体4の幅を $I_{\text{max}}/15[\text{mm}]$ とする必要がある。ただし、被測定導体4の厚さは、最低でも $35[\mu\text{m}] \times 15$ 以上にする必要がある。厚さでもできるだけ小さい方がセンサ感度の低下が少なくなるので、 $0.5[\text{mm}]$ 以上でかつ $1[\text{mm}]$ 以下の厚さが好ましい。したがって、最大電流が $I_{\text{max}}[\text{A}]$ である場合、被測定導体4の形状は、幅 $I_{\text{max}}/15[\text{mm}]$ 以下、長さ $10[\text{mm}]$ 以上、厚さ $1.0[$

mm]以下とするのが最適である。

#### 【0051】

このようにして、本実施の形態では、被測定導体4を有するプリント基板3と、プリント基板3面上に実装する非接触型の電流センサ100とを備え、電流センサ100を裏面92に実装した。

これにより、電流センサ100を裏面92に実装するので、従来に比して、電流センサ100の二次側導体と被測定導体4との間に電氣的絶縁を比較的容易に確保することができる。また、被測定導体4を流れる電流を非接触で測定することにより、被測定導体4を流れる電流が大きくなっても電流センサ100のサイズを大きくしなくて済むので、電流センサ100の小型化を図ることができる。さらに、被測定導体4を流れる電流を非接触で測定することにより、被測定導体4との接触抵抗による発熱がないため、従来に比して、電流センサ100の信頼性を損なう可能性を低減することができる。

#### 【0052】

さらに、本実施の形態では、電流センサ100を、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した。

これにより、電流センサ100を、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装するので、被測定導体4を流れる電流により発生した磁気を電流センサ100で検出しやすくなり、被測定導体4に対してプリント基板3の反対面から電流センサ100を実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができる。

#### 【0053】

さらに、本実施の形態では、電流センサ100は、磁気を検出するホール素子9と、磁束を所定方向に収束させる磁気収束板11とを備え、電流センサ100の外装面のうち実装時にプリント基板3面と対向することとなる面側にホール素子9を設け、被測定導体4を流れる電流により発生し対向面90を通過する磁束がホール素子9の感磁面に収束するように磁気収束板11を設けた。

#### 【0054】

これにより、被測定導体4を流れる電流により発生し対向面90を通過する磁

束がホール素子 9 の感磁面に収束しやすくなるので、被測定導体 4 に対してプリント基板 3 の反対面から電流センサ 1 0 0 を実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができる。また、電流センサ 1 0 0 を通常の L S I プロセスと同様の技術で製造でき、非接触で被測定導体 4 の電流を測定することができるので、小型化を図ることができるとともに、被測定導体 4 と電流センサ 1 0 0 との電氣的絶縁を保ちつつ、電流の向きを含めて比較的高精度に被測定導体 4 の電流を測定することができる。さらに、ホール素子 9 および磁気収束板 1 1 を通常の L S I プロセスと同様の技術で製造できるので、量産に適している。さらに、一次側導体を同一パッケージに内蔵しないため、プリント基板 3 の導線パターンに間隔を設け、そこに直列に実装する必要もなく比較的小型にすることができる。さらに、導線パターン上部から間接的に電流を測定できるため、設計後に部品の取り外しを行っても、導線パターンの修正変更が必要にならず、実装を取りやめることが比較的容易である。

#### 【0 0 5 5】

さらに、本実施の形態では、電流センサ 1 0 0 は、ホール素子 9 および磁気収束板 1 1 を一体に内蔵し、ホール素子 9 と対向面 9 0 との間に磁気収束板 1 1 を設けた。

これにより、被測定導体 4 を流れる電流により発生した磁束を効果的にホール素子 9 の感磁面に収束させることができるので、被測定導体 4 に対してプリント基板 3 の反対面から電流センサ 1 0 0 を実装してもセンサ感度を損なう可能性をさらに低減することができる。

#### 【0 0 5 6】

さらに、本実施の形態では、電流センサ 1 0 0 の実装時に磁気収束板 1 1 の面がプリント基板 3 面と対向するようにかつプリント基板 3 の面方向からみて磁気収束板 1 1 が被測定導体 4 の両側に位置するように、複数の磁気収束板 1 1 を、間隔をあけて設けた。

これにより、被測定導体 4 を流れる電流により発生した磁束をさらに効果的にホール素子 9 の感磁面に収束させることができるので、被測定導体 4 に対してプリント基板 3 の反対面から電流センサ 1 0 0 を実装してもセンサ感度を損なう可

能性をさらに低減することができる。

#### 【0057】

さらに、本実施の形態では、被測定導体4を流れる電流の最大値を $I_{\max}$ としたときに、被測定導体4の幅を $I_{\max}/15$  [mm]以下とした。

これにより、被測定導体4の発熱を抑制しかつ電流センサ100の近傍の磁気を強めることができる。

上記第1の実施の形態において、ホール素子9は、請求項7、8、17または18記載の磁気検出素子に対応し、磁気収束板11は、請求項7ないし9、17ないし19記載の磁気収束手段に対応している。

#### 【0058】

次に、本発明の第2の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図11は、本発明に係る電流測定方法および電流測定装置の第2の実施の形態を示す図である。以下、上記第1の実施の形態と異なる部分についてのみ説明をし、重複する部分については同一の符号を付して説明を省略する。

まず、本発明に係る電流測定装置の構造を図11を参照しながら説明する。図11は、電流センサ100の厚さ方向の断面図である。

#### 【0059】

本発明に係る電流測定装置は、図11に示すように、被測定導体4を有するプリント基板3と、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した電流センサ100とを備え、被測定導体4の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に薄板形状の軟磁性材料20を設けた。軟磁性材料20としては残留磁気が少なければ少ない物ほどよい。

#### 【0060】

このような構成であれば、軟磁性材料20により、被測定導体4を流れる電流により発生した磁界のうち、被測定導体4からみて電流センサ100の反対側に放射するものを電流センサ100の側に収束しやすくなる。また、軟磁性材料20は、被測定導体4の作る磁界以外の外乱磁界の影響を低減する効果がある。

このようにして、本実施の形態では、被測定導体4の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に軟磁性材料20を設けた。

## 【0061】

これにより、軟磁性材料20によって、被測定導体4を流れる電流により発生した磁束を電流センサ100の側に効果的に収束することができるので、被測定導体4に対してプリント基板3の反対面から電流センサ100を実装してもセンサ感度を向上させかつ外乱磁気を低減することができる。

次に、本発明の第3の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図12は、本発明に係る電流測定方法および電流測定装置の第3の実施の形態を示す図である。以下、上記第1の実施の形態と異なる部分についてのみ説明をし、重複する部分については同一の符号を付して説明を省略する。

## 【0062】

まず、本発明に係る電流測定装置の構造を図12を参照しながら説明する。図12は、電流センサ100の厚さ方向の断面図である。

本発明に係る電流測定装置は、図12に示すように、被測定導体4を有するプリント基板3と、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した電流センサ100とを備え、被測定導体4の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に薄板形状の軟磁性材料20を設けるとともに、電流センサ100の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に薄板形状の軟磁性材料22を設けた。軟磁性材料20、22としては残留磁気が少なければ少ない物ほどよい。

## 【0063】

このような構成であれば、軟磁性材料22により、電流センサ100の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に向かって到来する外部磁気が少なくとも遮蔽される。また、軟磁性材料20により、被測定導体4を流れる電流により発生した磁束のうち、被測定導体4からみて電流センサ100の反対側に放射するものを電流センサ100の側に収束しやすくなる。

## 【0064】

次に、本発明に係る第1の実施例を説明する。

外乱磁気の影響を低減する手法として、図12に示すように、モールドパッケージ1の表面に軟磁性材料22を装着した。磁気シールドすることによって、外

乱磁気を軟磁性材料 22 の面方向に収束させ、ホール素子 9 に対する外乱磁気の影響を低減できるようにするようにした。使用した軟磁性材料 22 は、サイズが  $4 \times 4 \times 0.15$  [mm] で、材質が 78.7 [%] Ni permalloy である。その結果、最も問題になるのは、モールドパッケージ 1 上部からの外乱磁気の影響であるが、モールドパッケージ 1 から 5 [cm] 上の電流導体を与える影響を調べたところ、軟磁性材料 22 を設けない場合に比して、外乱磁気の影響を 1/3 に低減することができた。また、モールドパッケージ 1 から 8 [cm] 上の電流導体を与える影響を調べたところ、軟磁性材料 22 を設けない場合に比して、外乱磁気の影響を 1/5 に低減することができた。

#### 【0065】

次に、本発明に係る第 2 の実施例を説明する。

上記第 1 の実施例における電流測定方法は、磁気シールドすることによって、外乱磁気の影響を低減することができるが、軟磁性材料 22 の実装によって、本来測定すべき被測定導体 4 に対するセンサ感度そのものも低下させてしまう。軟磁性材料 22 をホール素子 9 から約 1 [mm] 以上離隔すれば、センサ感度の低下も抑えられるが、小型化するため TSSOP-16 パッケージを使用したのもので、ホール素子 9 と軟磁性材料 22 との距離が約 0.7 [mm] となり、上記第 1 の実施例では、センサ感度の低下は、軟磁性材料 22 を設けない場合に比しておよそ 50 [%] ダウンであった。

#### 【0066】

そのため、センサ感度を改善させることを検討した。被測定導体 4 を流れる電流により発生する磁気をうまく収束させることによって、センサ感度を向上させるため、被測定導体 4 に軟磁性材料 22 を近接させ、電流センサ 100 に磁気を効率よく収束できる配置になるように、サイズが  $10 \times 7 \times 0.4$  [mm] で、材質が 78.7 [%] Ni permalloy の軟磁性材料 20 を被測定導体 4 の上に接着剤で貼付けた。軟磁性材料 20 の配置は、上記第 2 の実施の形態と同じ要領で行うことができる。軟磁性材料 20 を設けた場合、初期センサ感度に比較して、センサ感度を約 50 [%] 向上させることができた。また、軟磁性材料 20 のサイズを  $20 \times 20 \times 1$  [mm] とするとセンサ感度が 80 [%] 向上した。軟磁性材料 22 を装

備した状態でも、50[%]ダウンであったセンサ感度が10[%]～20[%]ダウンに改善された。

#### 【0067】

このようにして、本実施の形態では、電流センサ100の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に軟磁性材料22を設けた。

これにより、軟磁性材料22により、電流センサ100の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に向かって到来する外部磁気が少なくとも遮蔽されるので、従来に比して、外部磁気に対する耐性を向上することができる。

#### 【0068】

さらに、本実施の形態では、被測定導体4の外装面のうちプリント基板3と対向する面とは反対側の面に軟磁性材料20を設けた。

これにより、軟磁性材料20によって、被測定導体4を流れる電流により発生した磁束を電流センサ100の側に効果的に収束することができるので、被測定導体4に対してプリント基板3の反対面から電流センサ100を実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができる。

#### 【0069】

次に、本発明の第4の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図13は、本発明に係る電流測定方法および電流測定装置の第4の実施の形態を示す図である。以下、上記第1の実施の形態と異なる部分についてのみ説明をし、重複する部分については同一の符号を付して説明を省略する。

まず、本発明に係る電流測定装置の構造を図13を参照しながら説明する。図13は、電流センサ100の厚さ方向の断面図である。

#### 【0070】

本発明に係る電流測定装置は、図13に示すように、被測定導体4を有するプリント基板3と、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した電流センサ100とを備え、電流センサ100とプリント基板3との間に、被測定導体4を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性材料24を設けた。軟磁性材料24としては残留磁気が少なければ少ない物ほ

どよい。

#### 【0071】

このような構成であれば、複数の軟磁性材料24により、被測定導体4を流れる電流により発生した磁束を電流センサ100の側に収束しやすくなる。

次に、本発明に係る実施例を説明する。

センサ感度をさらに増加させるため、電流センサ100とプリント基板3の間に、図13に示すように軟磁性材料24を装着するようにした。使用した軟磁性材料22は、サイズが $4 \times 4 \times 0.15$  [mm]で、材質が78.7 [%] Ni permalloyであり、これを2枚使用した。2枚の間のギャップを2 [mm]とし、幅5 [mm]のモールドパッケージ1の下に接着した。その結果、初期センサ感度を約40 [%]向上させることができた。

#### 【0072】

この状態にさらに、被測定導体4側に $20 \times 20 \times 1$  [mm]のNi permalloyを実装するとセンサ感度は約210 [%]まで向上できた。

このようにして、本実施の形態では、電流センサ100とプリント基板3との間に、被測定導体4を流れる電流の向きと平行となるように複数の軟磁性材料24を設けた。

#### 【0073】

これにより、軟磁性材料24によって、被測定導体4を流れる電流により発生した磁束を電流センサ100の側に効果的に収束することができるので、被測定導体4に対してプリント基板3の反対面から電流センサ100を実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができる。

次に、本発明の第5の実施の形態を図面を参照しながら説明する。図14は、本発明に係る電流測定方法および電流測定装置の第5の実施の形態を示す図である。以下、上記第1の実施の形態と異なる部分についてのみ説明をし、重複する部分については同一の符号を付して説明を省略する。

#### 【0074】

まず、本発明に係る電流測定装置の構造を図14を参照しながら説明する。図14は、電流センサ100の厚さ方向の断面図である。

本発明に係る電流測定装置は、図14に示すように、複数の被測定導体4を有するプリント基板3と、裏面92でかつプリント基板3を挟んで被測定導体4と対称となる位置に実装した電流センサ100とを備える。ここで、電流センサ100は、各被測定導体4との距離が所定関係となる位置に実装する。

#### 【0075】

プリント基板3は、絶縁層、配線層、絶縁層および配線層をその順に積層してなる4層構造をとり、各配線層には、被測定導体4が平行に形成されている。

なお、電流センサ100には、図示しないが、電流センサ100からのセンサ信号に基づいて各被測定導体4を流れる電流をそれぞれ測定する演算回路が接続されている。演算回路は、電流センサ100からのセンサ信号を入力し、入力したセンサ信号、および電流センサ100と各被測定導体4との位置関係に基づいて、各被測定導体4を流れる電流値を演算により算出するようになっている。

#### 【0076】

このような構成であれば、各被測定導体4との距離が所定関係となる位置に電流センサ100が実装されているので、各被測定導体4を流れる電流により発生した磁気を電流センサ100で受けた場合、演算回路により、電流センサ100からのセンサ信号、および電流センサ100と各被測定導体4との位置関係に基づいて、各被測定導体4を流れる電流値を演算により算出することができる。

#### 【0077】

次に、本発明に係る実施例を説明する。

上記第1ないし第4の実施の形態における電流測定方法は、被測定導体4を流れる電流が生成する微弱な磁場を変換して電流を測定するため、被測定導体4に流れる電流のほか、10[cm]四方の比較的広い空間に広がる電流も測定可能となる。これに着目し、1つの電流センサ100により複数の被測定導体4を流れる電流をそれぞれ測定する検討を行った。

#### 【0078】

図14に示すように、内層が35[μm]および外層が175[μm]で総板厚3.2[mm]の4層のプリント基板3中に、異なる電流を流す幅15[mm]の被測定導体4を2つ平行になるように形成し、上記第1の実施例と同様の電流センサ100

を裏面 92 に実装した。このとき、電流センサ 100 は、各被測定導体 4 との距離が所定関係となる位置に実装する。ホール素子 9 までの距離は、一方の被測定導体 4 についてはおよそ 1 [mm] であり、他方の被測定導体 4 についてはおよそ 3.2 [mm] である。このとき、各被測定導体 4 が電流センサ 100 に与えるセンサ感度は、それぞれ 50.4 [mV/A] と 43.2 [mV/A] であった。

#### 【0079】

一方の被測定導体 4 には、周波数が 50 [Hz] および振幅が 10 [A] の交流電流を流し、他方の被測定導体 4 には、周波数が 1 [Hz] および振幅が 10 [A] の矩形波の電流を流した。すると、電流センサ 100 からは、期待通り理論値に極めて近い出力を取り出すことができた。センサ信号をアナログ信号処理またはデジタル信号処理することによって、2 つの信号を分離することが可能なので、電流センサ 100 により双方の被測定導体 4 を流れる電流をそれぞれ測定することができる。

#### 【0080】

このようにして、本実施の形態では、プリント基板 3 は、複数の被測定導体 4 を有し、各被測定導体 4 との距離が所定関係となる位置に電流センサ 100 を実装した。

これにより、各被測定導体 4 との距離が所定関係となる位置に電流センサ 100 が実装されているので、各被測定導体 4 を流れる電流により発生した磁気を電流センサ 100 で受けた場合、演算回路により、電流センサ 100 からのセンサ信号、および電流センサ 100 と各被測定導体 4 との位置関係に基づいて、各被測定導体 4 を流れる電流値を演算により算出することができる。

#### 【0081】

なお、上記第 1 ないし第 5 の実施の形態においては、ホール素子 9 を用いて被測定導体 4 を流れる電流を測定するように構成したが、これに限らず、磁気抵抗素子、コイルその他の磁気検出素子を用いて被測定導体 4 を流れる電流を測定するように構成してもよい。

#### 【0082】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る請求項 1 ないし 1 0 記載の電流測定方法、または請求項 1 1 ないし 1 9 記載の電流測定装置によれば、電流センサを、基板面のうち被測定導体が設けられている面とは反対側の面に実装するので、従来に比して、電流センサの二次側導体と被測定導体との間に電氣的絶縁を比較的容易に確保することができるという効果が得られる。また、被測定導体を流れる電流を非接触で測定することにより、被測定導体を流れる電流が大きくなっても電流センサのサイズを大きくしなくて済むので、電流センサの小型化を図ることができるという効果も得られる。さらに、被測定導体を流れる電流を非接触で測定することにより、被測定導体との接触抵抗による発熱がないため、従来に比して、電流センサの信頼性を損なう可能性を低減することができるという効果も得られる。

#### 【0083】

さらに、本発明に係る請求項 2 記載の電流測定方法、または請求項 1 2 記載の電流測定装置によれば、電流センサを、基板面のうち被測定導体が設けられている面とは反対側の面であつ基板を挟んで被測定導体と対称となる位置に実装するので、被測定導体を流れる電流により発生した磁気を電流センサで検出しやすくなり、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができるという効果も得られる。

#### 【0084】

さらに、本発明に係る請求項 4 記載の電流測定方法、または請求項 1 4 記載の電流測定装置によれば、被測定導体の外装面のうち基板面と対向する面とは反対側の面に設けた軟磁性体によって、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を電流センサの側に効果的に収束することができるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができるという効果も得られる。

#### 【0085】

さらに、本発明に係る請求項 5 記載の電流測定方法、または請求項 1 5 記載の電流測定装置によれば、電流センサの外装面のうち基板面と対向する面とは反対側の面に設けた軟磁性体により、電流センサのその反対側の面に向かって到来す

る外部磁気が少なくとも遮蔽されるので、従来に比して、外部磁気に対する耐性を向上することができるという効果も得られる。

【0086】

さらに、本発明に係る請求項6記載の電流測定方法、または請求項16記載の電流測定装置によれば、電流センサと基板との間に設けた複数の軟磁性体によって、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を電流センサの側に効果的に収束することができるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができるという効果も得られる。

【0087】

さらに、本発明に係る請求項7ないし9記載の電流測定方法によれば、磁気収束手段により、被測定導体を流れる電流により発生し対向面を通過する磁束が磁気検出素子の感磁面に収束しやすくなるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装するとセンサ感度を向上させることができるという効果も得られる。

【0088】

さらに、本発明に係る請求項8若しくは9記載の電流測定方法、または請求項18若しくは19記載の電流測定装置によれば、被測定導体を流れる電流により発生した磁束を効果的に磁気検出素子の感磁面に収束させることができるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性をさらに低減することができるという効果も得られる。

【0089】

さらに、本発明に係る請求項9記載の電流測定方法、または請求項19記載の電流測定装置によれば、被測定導体を流れる電流により発生した磁束をさらに効果的に磁気検出素子の感磁面に収束させることができるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性をさらに低減することができるという効果も得られる。

【0090】

さらに、本発明に係る請求項10記載の電流測定方法、または請求項20記載

の電流測定装置によれば、被測定導体の発熱を抑制しかつ電流センサの近傍の磁気を強めることができるという効果も得られる。

さらに、本発明に係る請求項 1 7 ないし 1 9 記載の電流測定装置によれば、磁気収束手段により、被測定導体を流れる電流により発生し対向面を通過する磁束が磁気検出素子の感磁面に収束しやすくなるので、被測定導体に対して基板の反対面から電流センサを実装してもセンサ感度を損なう可能性を低減することができるという効果も得られる。また、電流センサを通常の L S I プロセスと同様の技術で製造でき、非接触で被測定導体の電流を測定することができるので、小型化を図ることができるとともに、被測定導体と電流センサとの電氣的絶縁を保ちつつ、電流の向きを含めて比較的高精度に被測定導体の電流を測定することができるという効果も得られる。さらに、磁気検出素子および磁気収束手段を通常の L S I プロセスと同様の技術で製造できるので、量産に適しているという効果も得られる。さらに、一次側導体を同一パッケージに内蔵しないため、基板の導線パターンに間隔を設け、そこに直列に実装する必要もなく比較的小型にすることができるという効果も得られる。さらに、導線パターン上部から間接的に電流を測定できるため、設計後に部品の取り外しを行っても、導線パターンの修正変更が必要にならず、実装を取りやめることが比較的容易であるという効果も得られる。

#### 【0 0 9 1】

さらに、本発明に係る請求項 2 1 記載の電流測定装置によれば、各被測定導体との距離が所定関係となる位置に電流センサが実装されているので、各被測定導体を流れる電流により発生した磁気を電流センサで受けた場合、電流センサの出力値および所定関係に基づいて各被測定導体を流れる電流を測定することができるという効果も得られる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

電流センサ 1 0 0 の厚さ方向の断面図である。

##### 【図 2】

電流センサ 1 0 0 の厚さ方向の断面図である。

【図 3】

図 2 中の A - A' 線に沿った断面図である。

【図 4】

電流センサ 1 0 0 をプリント基板 3 上に実装した場合を示す斜視図である。

【図 5】

電流センサ 1 0 0 と被測定導体 4 との距離を変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 6】

被測定導体 4 の長さを変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 7】

被測定導体 4 の幅方向の中心位置を基準として電流センサ 1 0 0 の実装位置を被測定導体 4 の幅方向に変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 8】

被測定導体 4 の長さ方向の中心位置を基準として電流センサ 1 0 0 の実装位置を被測定導体 4 の長さ方向に変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 9】

電流センサ 1 0 0 の実装位置を被測定導体 4 の幅方向および厚さ方向に変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 1 0】

被測定導体 4 の電流密度を変化させたときに電流センサ 1 0 0 のセンサ感度が変化する様子を示したグラフである。

【図 1 1】

電流センサ 1 0 0 の厚さ方向の断面図である。

【図 1 2】

電流センサ 1 0 0 の厚さ方向の断面図である。

【図 13】

電流センサ 100 の厚さ方向の断面図である。

【図 14】

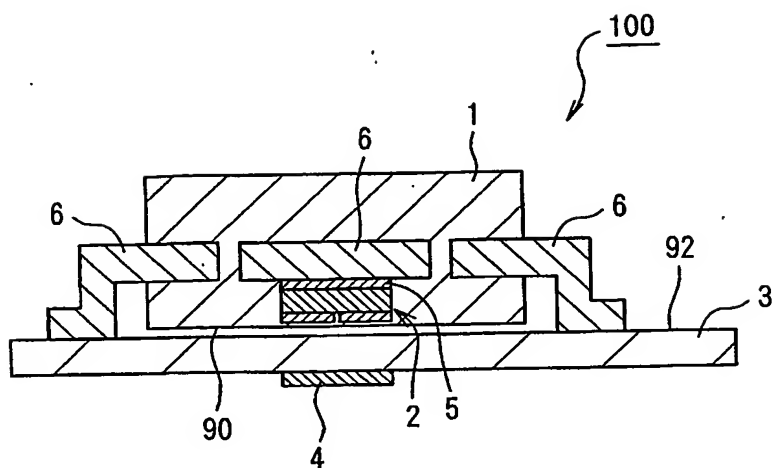
電流センサ 100 の厚さ方向の断面図である。

【符号の説明】

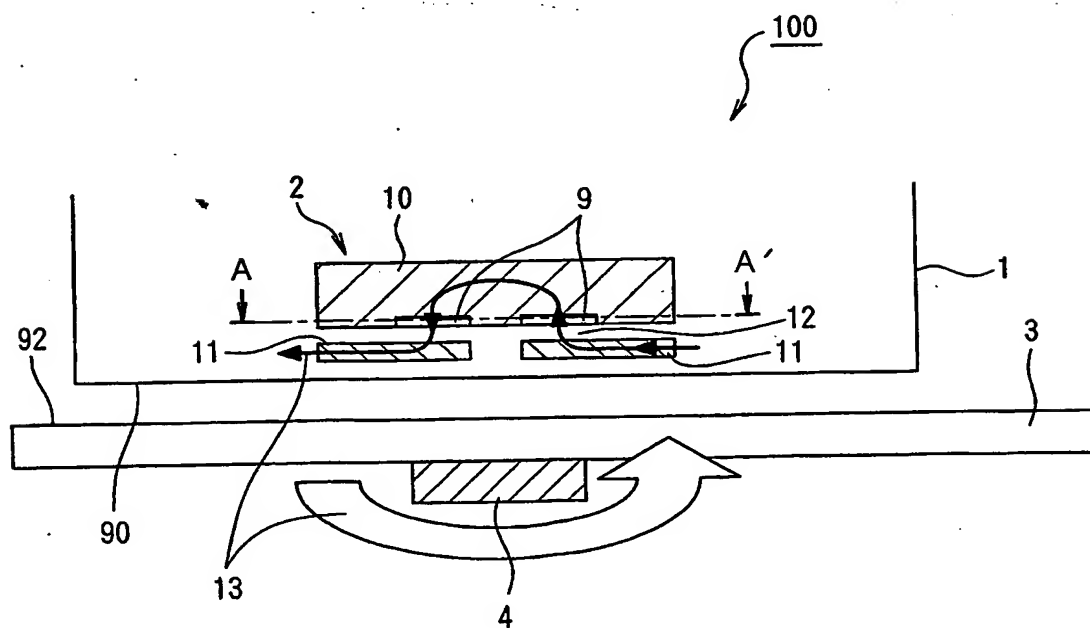
100	電流センサ
1	モールドパッケージ
2	磁気収束板付きホール A S I C
3	プリント基板
4	被測定導体
5	接着用ペースト
6	リードフレーム
9	ホール素子
10	信号処理回路
11	磁気収束板
12, 13	磁気方向
20～24	軟磁性材料
90	対向面
92	裏面

【書類名】 図面

【図1】

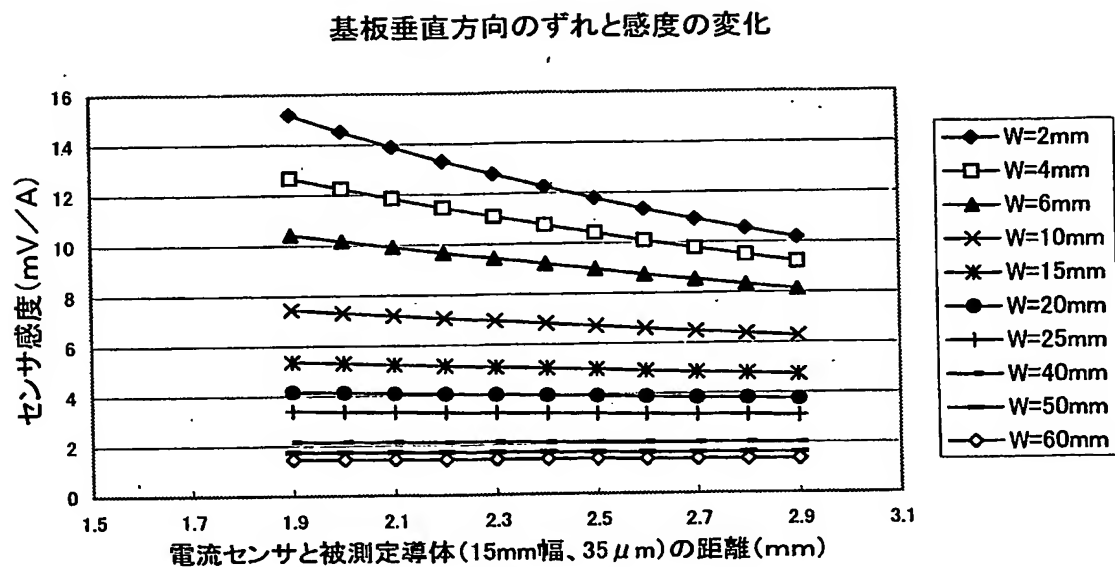


【図2】

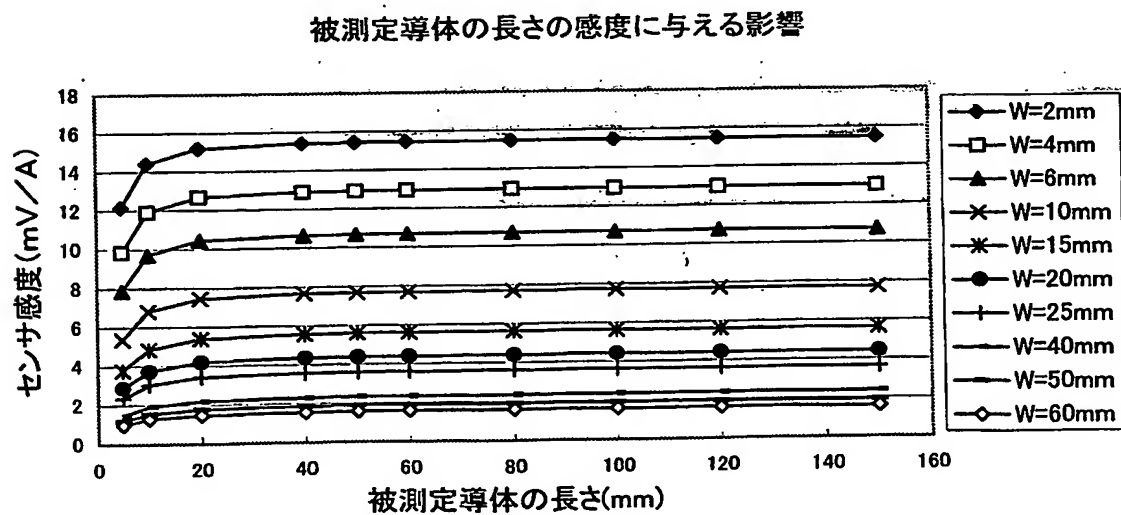


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

【図 5】

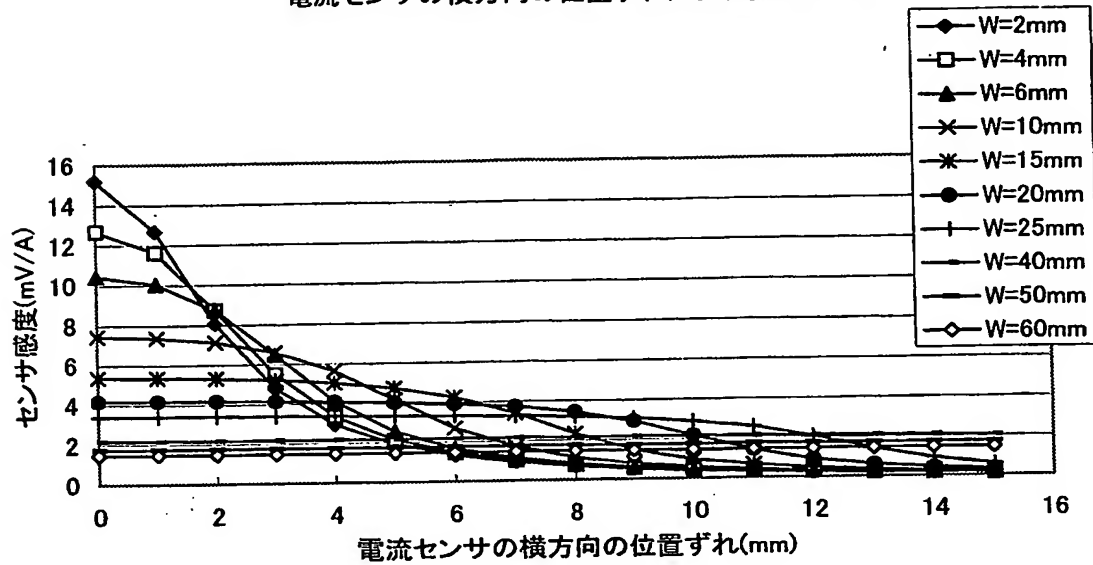


【図 6】



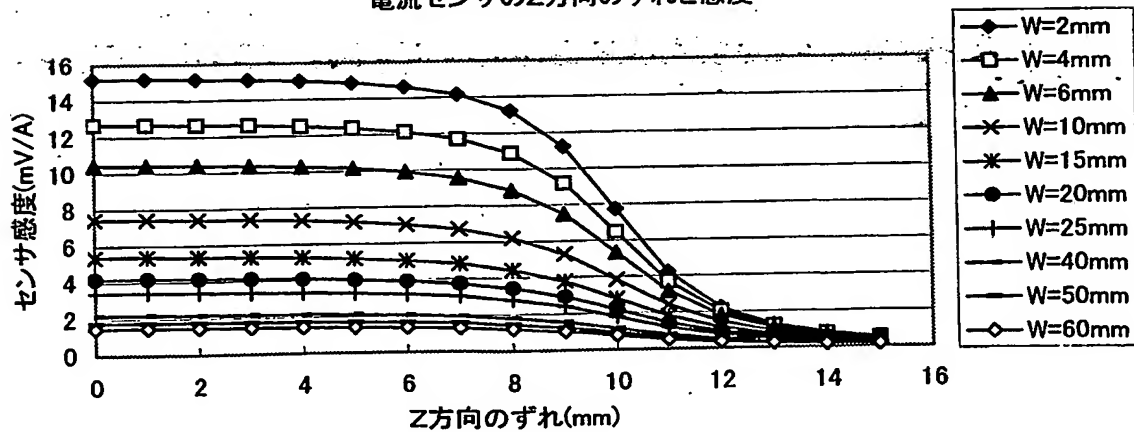
【図 7】

電流センサの横方向の位置ずれによる感度の変化



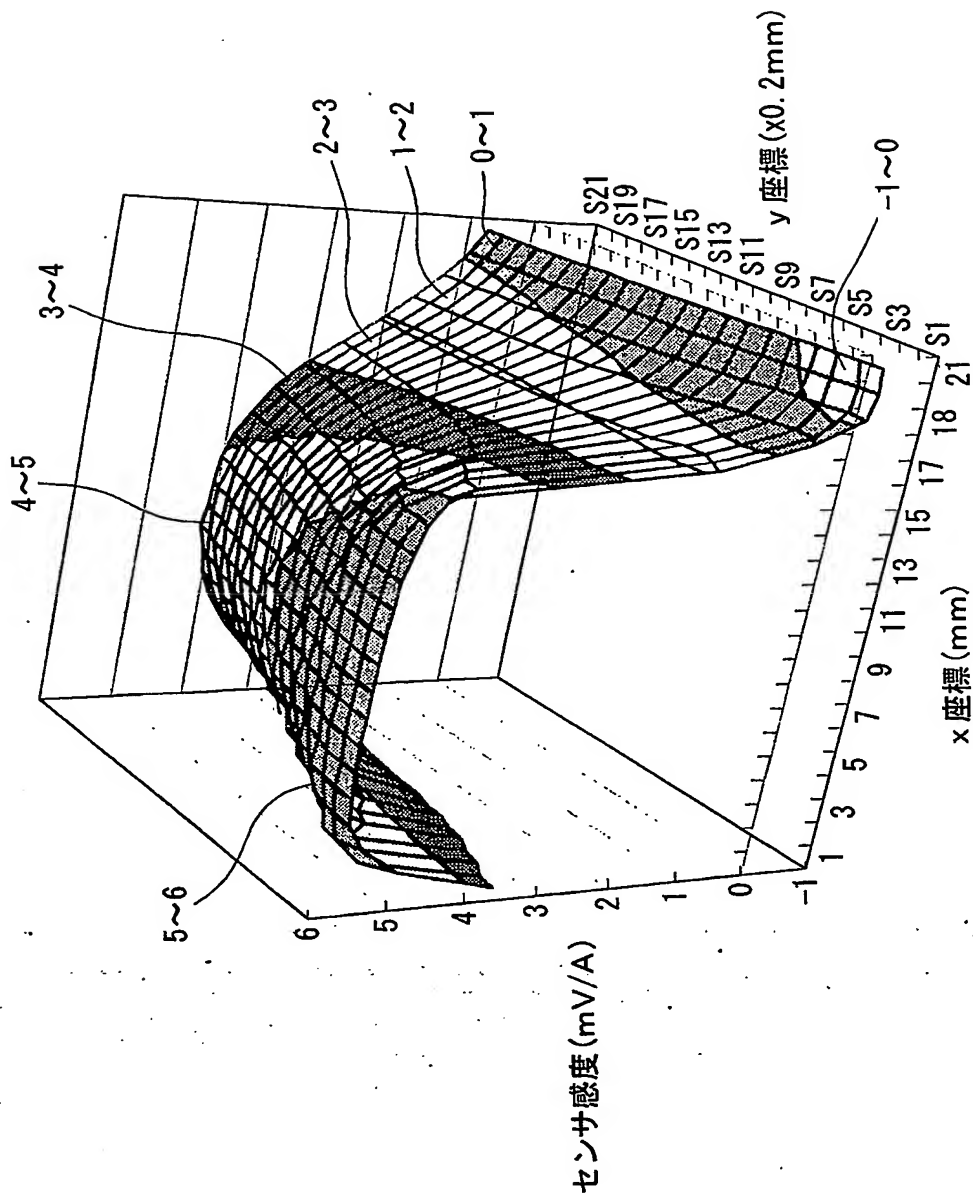
【図 8】

電流センサのZ方向のずれと感度



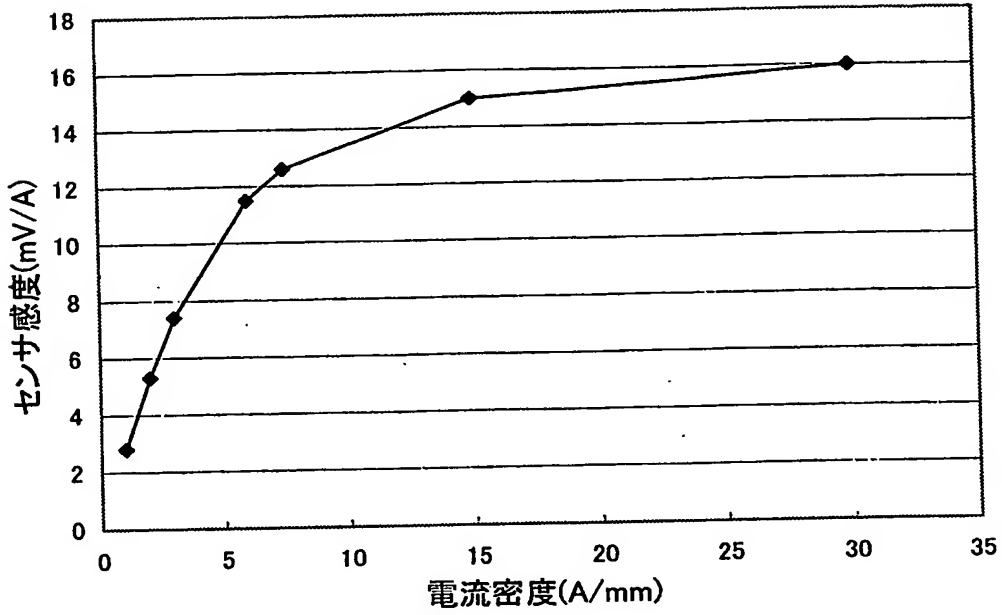
【図 9】

TSSOP (No3) の15A流した15mm幅の被測定導体近傍での感度

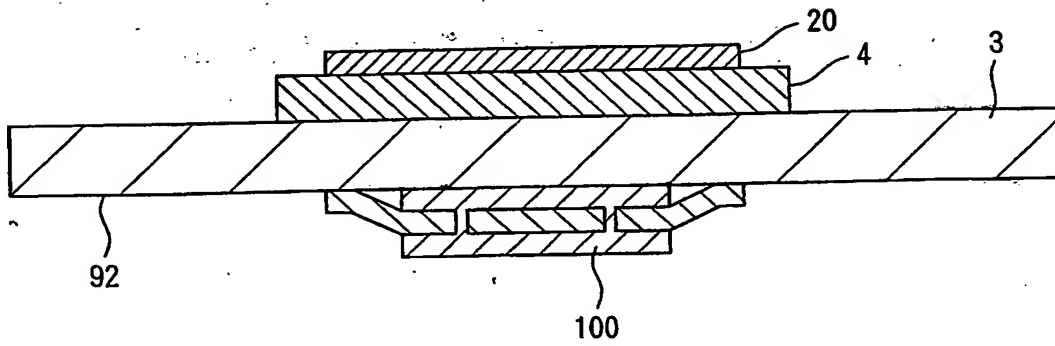


【図10】

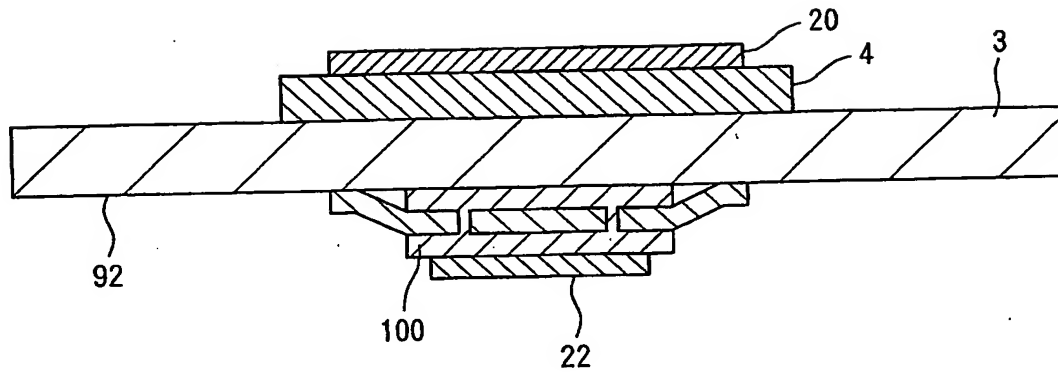
電流密度とセンサ感度の関係



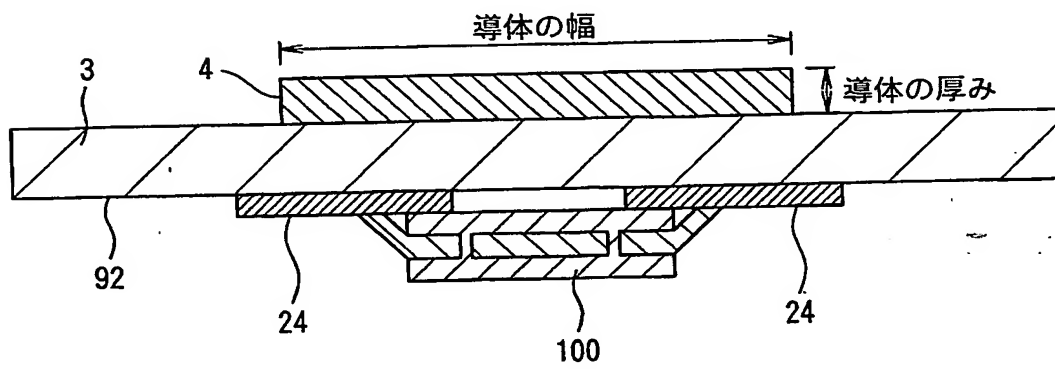
【図11】



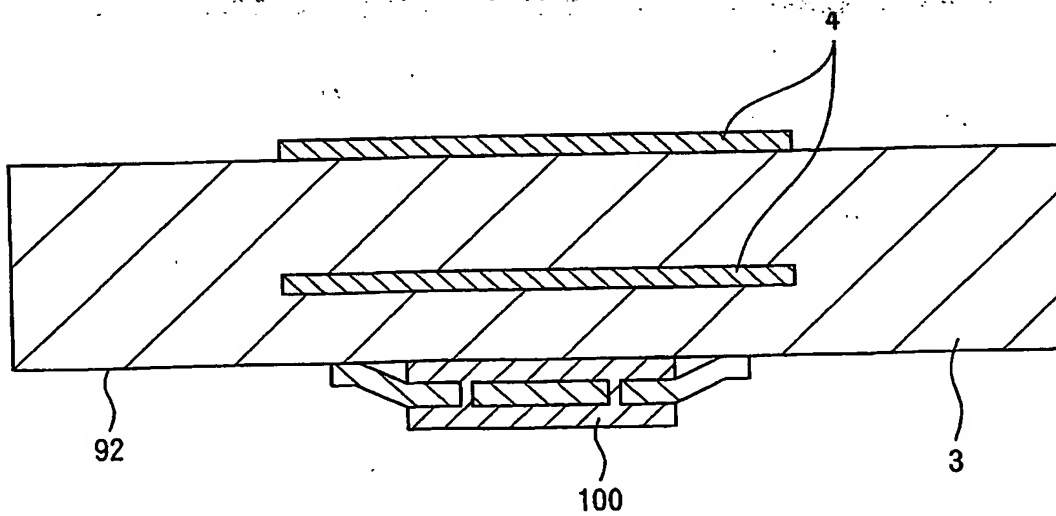
【図12】



【図13】



【図14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電氣的絶縁の確保が容易であるとともに、電流センサの小型化を図ることができ、しかも発熱を防止して信頼性を向上するのに好適な電流測定方法を提供する。

【解決手段】 被測定導体4を有するプリント基板3と、プリント基板3面上に実装する非接触型の電流センサ100とを備え、電流センサ100を、プリント基板3の表面のうち被測定導体4が設けられている面とは反対側の面92に実装している。これにより、電流センサ100を裏面92に実装するので、従来に比して、電流センサ100の二次側導体と被測定導体4との間に電氣的絶縁を比較的容易に確保することができる。

【選択図】 図1

特願2002-177681

出願人履歴情報

識別番号

[000000033]

1. 変更年月日

2001年 1月 4日

[変更理由]

名称変更

住 所

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

氏 名

旭化成株式会社

2. 変更年月日

2003年 4月22日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

氏 名

旭化成株式会社